

1. 目的

本校ではマイコンカーの製作に取り組んでいる。昨年度は、Advanced クラス・Basic クラス・Camera クラスの全3種目において ROBOCON IN 信州（県大会）・北信越大会を勝ち進み、全国大会への出場を果たしました。

今年度からは使用マイコンに新しくRA4M1が追加されたため、対応する車体の設計製作、モータドライバ基板の設計およびプログラム開発などが必要になりました。本研究では新マイコンに対応したマシンを作成し、マイコンカーラリー競技の全国大会上位入賞を目指します。

2. 研究内容

2.1 新旧マイコンの比較

下図に、新旧マイコンの違いを比較して示します。主な違いは処理の単位となるビット数で、16ビットから32ビットへと向上した点です。これにより演算能力が高まり、高速な処理が可能になりました。さらに、浮動小数点演算器が搭載されたことで、これまで整数に変換して計算していた処理や、計算に時間を要する割り算なども、速度を気にせず扱えるようになりました。加えて、開発環境や、マイコンへのプログラム書き込みも容易になりました。

	新マイコンボード	旧マイコンボード
マイコン(CPU)	RA4M1 <ul style="list-style-type: none"> ● 32bit ● 単精度浮動小数点ユニット ● Arm 	R8C/38C <ul style="list-style-type: none"> ● 16bit ● ルネサス
外形	68.58mm×53.34mm	60×60mm
ROM	256KB	128KB
RAM	32KB	10KB
データフラッシュ	8KB	4KB
動作周波数	最大 48MHz	40MHz
I/O 数	34+4	64
開発環境	<ul style="list-style-type: none"> ● Arduino（簡単に扱える） ● 書き込み(USB type-c) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Hew（理解が難しい） ● 書き込み(TTL-レベル) <p style="text-align: right;">※別回路必要</p>

新旧マイコンの主な性能比較

2. 2 回路設計・製作

昨年度の先輩が R8C マイコンを使用して作成してきた回路図を基に、入力出力で必要なものを考えブロック図を作成することにしました。また、それぞれのセンサについてこれまで仕組み等が分かっていなかったものであらためて学習し直すことにしました。その学習した内容を下記にまとめます。

センサの学習

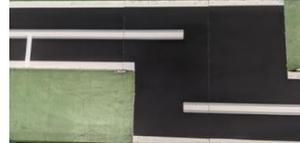
○白線検出センサ：S7136 (デジタル出力)

用途：クロスラインやハーフライン、ゲート検出

データ：白線検出時→LOW 非検出時→HIGH



クランク前のクロスライン

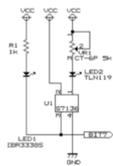


レーンチェンジ前のハーフライン

特徴：受光部と赤外 LED の発振回路を内蔵した IC で、センサでドライブ LED の光しか受光しないため、外乱に強い

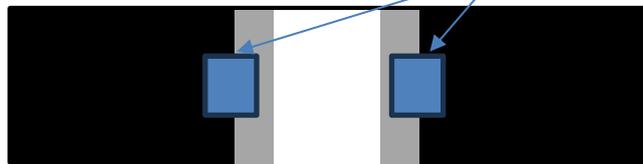
参考にする回路図：マイコン製作マニュアル

外観：



○ライントレースセンサ：SG-105F (アナログ出力)

用途：白線(灰色)の両端にセンサ2個用い、左右の値を比較し左右の値の差が0になるようにステアリングの操作量を制御する

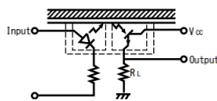


データ(負荷抵抗をエミッタ側に設置)：黒～灰～白 → 0～2.5～約5[V]

特徴：反射型フォトセンサ

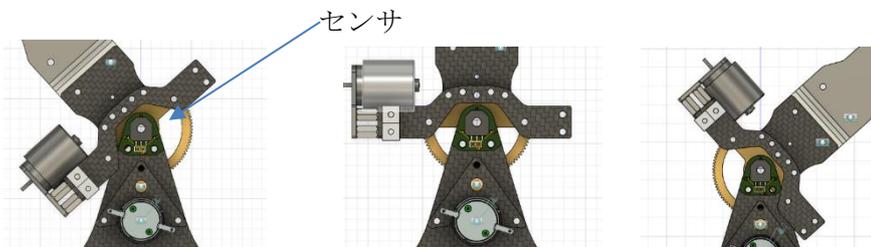
参考にした回路図：KODENSHI ハードウェアマニュアル

外観：



○ステアリング角度検出センサ：SV01A103AEA01R00 (アナログ出力)

用途：ステアリング角度検出し、内輪差やレーンチェンジ時の角度制御に使用する



左45度

中央

右45度

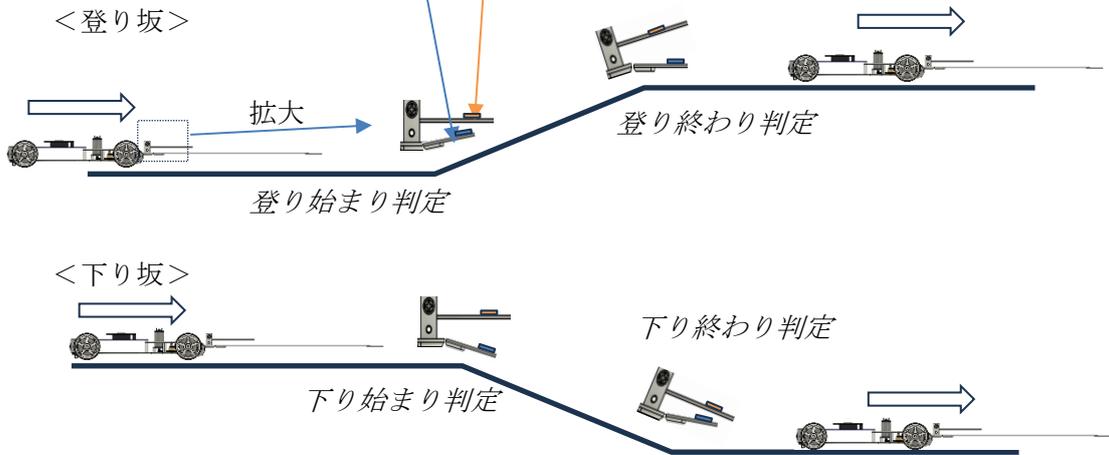
データ：左45度～中央～右45度 → 約1.0～2.5～約4.0[V] 外観：

特徴：中空になっているため、ステアリングの可動軸から直接回転角度をリニアに取得することができる



○坂道検出センサ：ホール IC SK8552G（アナログ出力）

用途：センサーバーにホール IC、車体に磁石を設置する。取得する値が小さくなるとその間の距離が離れている、大きくなると近づくと判断し、それぞれ坂道に



データ：最接近～最も離れる → 約 1.8～約 4.0[V]

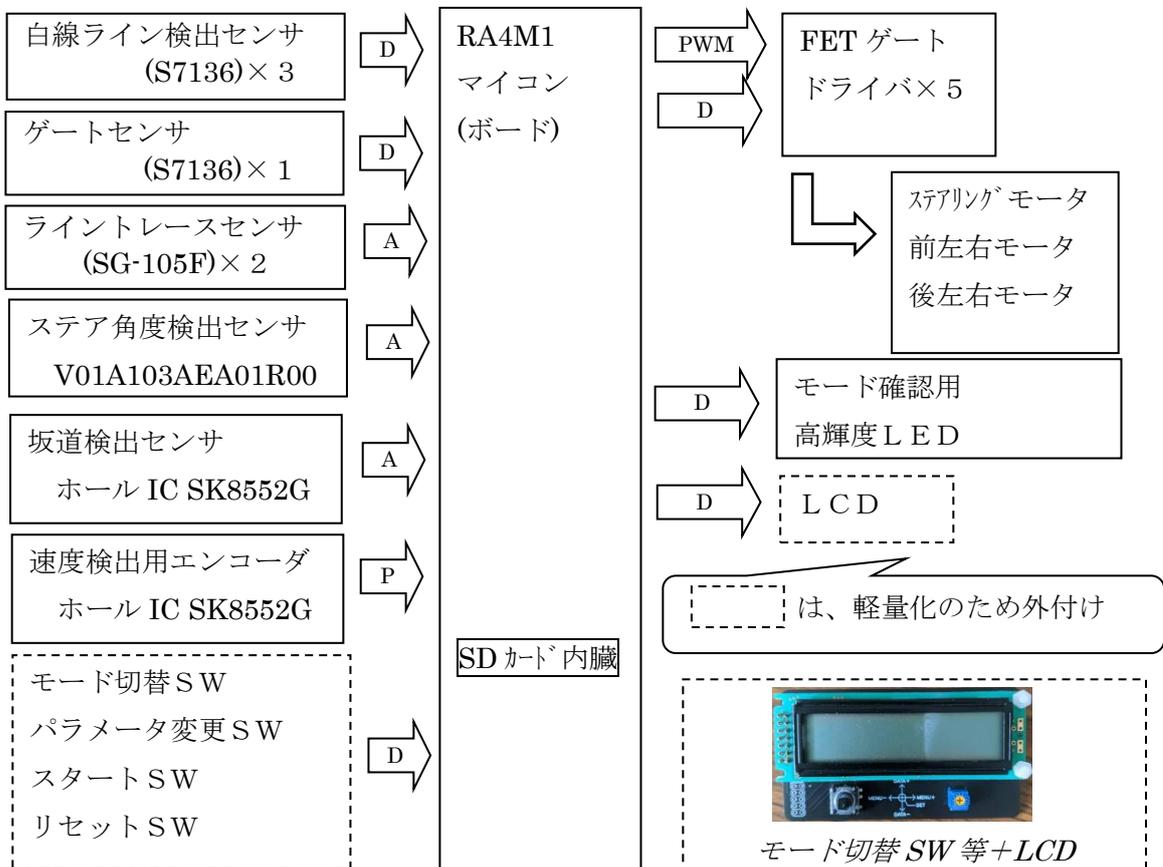
特徴：磁力の検出のため、外光の影響をうけることが無い（ノイズに強い）

<ブロック図>

入力は、アナログ入力なのか、デジタル入力なのかをわかるようにした。また、出力は、1つのモータあたり2信号+PWM信号の3信号をFETのゲートドライバに送り5つのモータを制御します。また、走行中のログを取得の方法が、以前はEEPROMであったが、利便性を考えボードに内臓されているMicroSDに、変更することにしました。

入 力 (D: デジタル値 A: アナログ値 P: パルス)

出 力



ピン割り当て図の作成

ブロック図を基に、マイコンのそれぞれのピンに機能を割り当てました。先輩から教えてもらった手順で行いました。その手順を下記にまとめました。

- ① PWM 出力、パルスカウント、にはマイコン内のタイマを使う必要があるため、どのタイマをどの機能に割り当てるかを定める
その後、そのタイマに応じたピンを割り当てる

→ 各種タイマを下図の様に割り当てました

タイマの種類	機能	ピンの機能名 /実際のコネクタ番号ピン番号
0	PWM(前左モータ) PWM(後左モータ)	GTIOC0A / CN4 5 P415 GTIOC0B / CN4 6 P414
2	PWM(後右モータ)	GTIOC2A / CN8 19 P113
4	PWM(前右モータ)	GTIOC4B / CN8 16 P608
6	パルスカウント (エンコーダ)	GTIOC6B / CN5 7 P401
7	PWM(ステアリング)	GTIOC7A / CN8 13 P603

知識：RA4M1 マイコンのタイマ (ハードウェアマニュアルより)

2 チャンネルの 32 ビットタイマ (GPT32) と、6 チャンネルの 16 ビットタイマ (GPT16) で構成されます。PWM 波形は、アップカウンタ、ダウンカウンタ、またはアップダウンカウンタを制御することで発生させることができ、汎用タイマとしても使用可能です。

- ② アナログ入力できるピンを確認し、アナログ入力信号を割り当てる (できるだけ同じコネクタ内で、順番になるようにした)

→ コネクタ 8(CN8)を下図の様に割り当てました

コネクタの ピン番号	ピンの機能名	使用するピンの機能 /実際のコネクタ番号ピン番号
6	AN023	坂道検出センサ
7	AN018	ステア角度検出センサ
8	AN017	ライントレースセンサ右
9	AN016	ライントレースセンサ左

知識：RA4M1 マイコンの A/D コンバータ (ハードウェアマニュアルより)

14 ビットの A/D コンバータ (ADC14) ユニットの内蔵し。最大 28 チャンネルのアナログ入力を選択可能です。

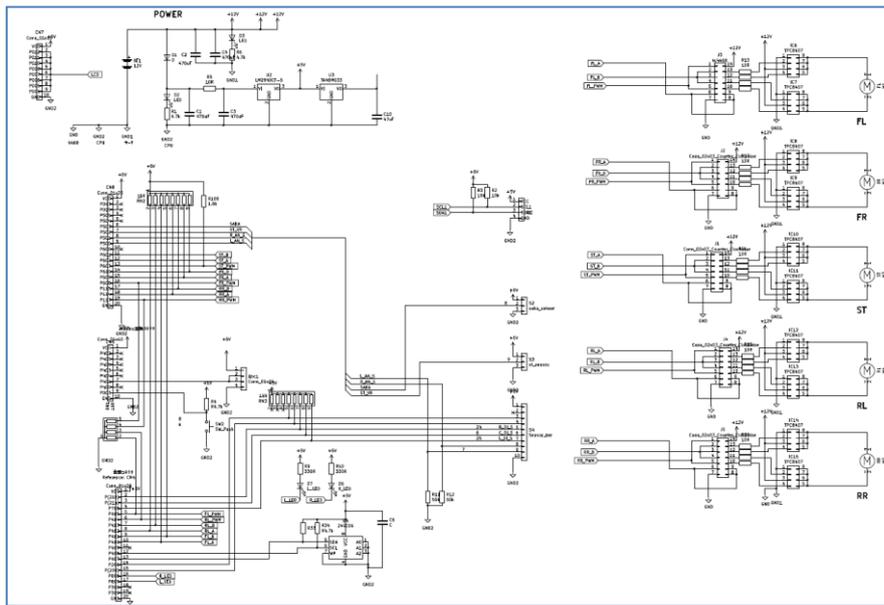
- ③ モード切替 SW 等+LCD 基板は、外付けのものをそのままコネクタに接続できるようにする
→コネクタ 7(CN7)を割り当てました

- ④ 残りの信号は I/O (デジタル) のどのピンでも対応できるので、①②③で使用したコネクタ内の空いているピンを適当に割り当てる
→適当に割り当てました

回路図の作成

ブロック図を基に、KiCAD（フリーソフト）を用いて回路図を作成しました。下記にその時の注意（先輩から指示されたこと）を下記に示します。

先輩から指示	理由
デジタル入力ピンには、プルアップ抵抗	センサ部に挿入し忘れ、破損の危険がある
モータの出力ピンには、プルアップ or プルダウン抵抗 ※4.7k程度を用いる。 これより小さいとマイコンから無駄に電流が流れリセットの可能性が有る。	電源投入時に回路が不安定になる（焼損の可能性あり）

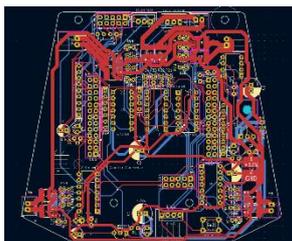


作成した回路図

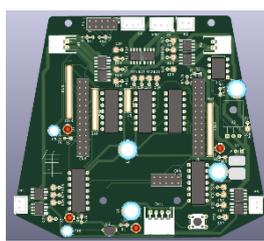
PCB 図の作成・部品実装・基板製作

KiCAD（フリーソフト）を用いて PCB 図を作成した（CAD の機能で誤配線は起こらない）。下記にその時の注意（先輩から指示されたこと）を下記に示します。

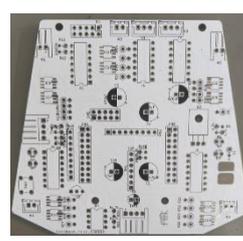
先輩から指示
大電流モータドライバの配線は、2mm 以上（銅箔厚み 35 μ m の時 1mm、1A 程度を想定）
大電流が流れるところは、ビアを多めに打つ
グラウンドは、モータ制御用 FET、モータドライバ IC (12V)、制御系 (5V) をバッテリー部から分ける（単電源の場合、ノイズをマイコン部に少しでも伝達させないための工夫）



PCB 図



PCB 図（部品実装）



基板の外観



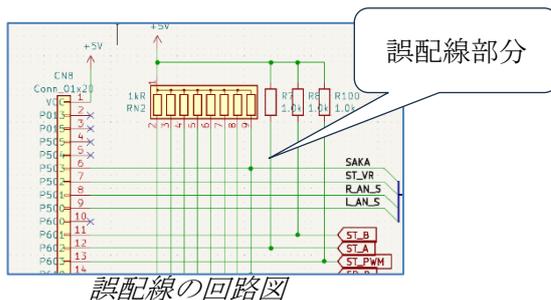
部品実装した基板

3 考察 (失敗)

① 混線 (誤配線)

[内容]

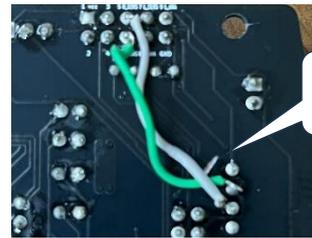
KiCAD の仕様で、配線時に接続点が自動で挿入されることがあるため、本来接続しない場所が接続されてしまいました。回路図通り (ネット情報を基に) に PCB 図が作成されるため、実際の基板も気づかず誤配線があるものになりました。



誤配線の回路図

[今後の対応]

今後の作成する回路図は、チェックする人と変え、複数の人の目で確認することになりました。また、少しでもプログラムの工程に早く入るため、新しい基板を注文する前に、誤配線のある回路でも、基板をカットしたり、ジャンパー線等で配線を直し、車体の実装することに努めました。

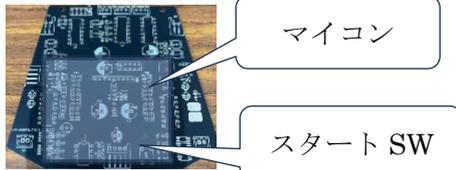


誤配線を修正した回路

② 部品配置 (パーツの干渉)

[内容]

部品が思っているよりも大きかったり、スタートのスイッチが、マイコンの下にあったりと、パーツが干渉しました (非常に多く発生・・・)。



干渉した基板

[今後の対応]

部品配置時に、プリンタで基板の印刷物を出力、実際に部品を上に乗せ、マイコンやパーツとの干渉を含め、複数の目で確認することになりました。

また、コネクタ部分の干渉が非常に多かったため、少し余裕をもって今後は設計していくことにしました。

5 反省・感想

(小林) 今回の経験から見えてきた課題は一人だけで行うとどこかで見落としがあり、独りよがりな発想しか生まれなため多くの失敗をしてしまいました。また、全国大会に参加した際に、他校の機能ごとにまとめてパーツ配置された見栄えも美しい基板を見て、トラブル時に誰でも素早く対応できるとも思いました。これらの経験から、多くの意見を取り込み多面的な発想を生み出すことの大切さや、使いやすく美しいデザインの発想を別の開発に生かしていきたいと思えます。これらの学んだことを後輩に引継ぎ、今後はさらに安定した回路を設計し、上位入賞を目指してほしいと思えます。

6 まとめ

- ・新マイコン (RA4M1) を用いたマイコンカーの製作することができました。
- ・大会では、下記の様な結果をおさめることができました。

JMCR2025 北信越大会 武田 怜也 23位 タイム 15.56 (全国大会出場)